

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-28626

(43)公開日 平成6年(1994)2月4日

(51)Int.Cl.⁵

G11B 5/31

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

C 7247-5D

A 7247-5D

審査請求 有 請求項の数11(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平5-31771

(22)出願日 平成5年(1993)2月22日

(31)優先権主張番号 843676

(32)優先日 1992年2月28日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー
ズ・コーポレーションINTERNATIONAL BUSIN
ESS MACHINES CORPO
RATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州

アーモンク (番地なし)

(72)発明者 コーチャン・ジュー

アメリカ合衆国95120、カリフォルニア州

サンノゼ、マカビー・ロード 6506

(74)代理人 弁理士 頓宮 孝一 (外4名)

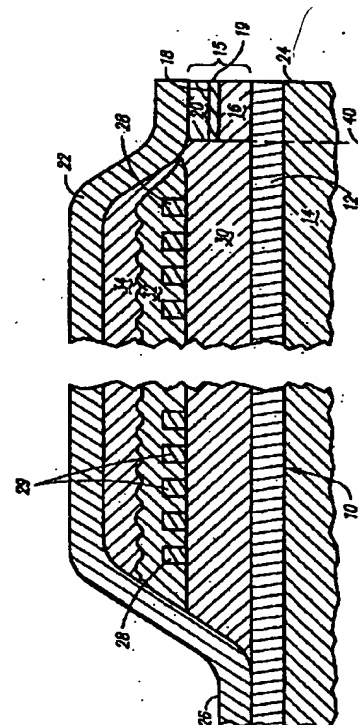
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 磁極端が正確に位置合せされ、磁極端の幅および厚みが厳密に制御された薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供すること。

【構成】 薄膜磁気ヘッドは、後部ギャップ領域(26)からエア・ベアリング表面(ABS)等の検出縁(24)に延びる第1の磁気ヨーク層(12)と、後部ギャップ領域で第1の磁気ヨーク層に接触し、第1の磁気ヨーク層と整列するが第1の磁気ヨーク層から離れた位置でABSに延びる、第2の磁気ヨーク層(22)とを備える。単一のフォトリソグラフィによって形成した幾何形状を有し、第1の磁極端層(16)とギャップ形成層(18)と第2の磁極端層(20)とを有する磁極端構造(15)が、ABSで第1の磁気ヨーク層と第2の磁気ヨーク層の間に位置し、ABSで第1の磁極端層が第1の磁気ヨーク層に接し、第2の磁極端層が第2の磁気ヨーク層に接する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】後部ギャップ領域から検出縁まで延びる第1の磁気ヨーク層と、
上記後部ギャップ領域において上記第1の磁気ヨーク層に接し、上記第1の磁気ヨーク層と整列するが上記第1磁気ヨーク層から離れた位置で上記検出縁まで延びる第2の磁気ヨーク層と、
それぞれの幅が実質的に等しい第1の磁極端層とギャップ形成層と第2の磁極端層から成る磁極端構造とを備え、
上記磁極端構造は、上記第1の磁気ヨーク層と第2の磁気ヨーク層の間に位置しており、上記検出縁からゼロ・スロート位置まで延びており、上記第1磁極端層は上記検出縁から上記ゼロ・スロート位置まで上記第1磁気ヨーク層に接しており、上記第2磁極端層は上記検出縁から上記ゼロ・スロート位置まで上記第2磁気ヨーク層に接していることを特徴とする、
磁気回路を有する薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】上記第1の磁気ヨーク層は上記検出縁において上記磁極端構造より幅が広くされており、上記第2の磁気ヨーク層は上記検出縁において上記磁極端構造より幅が狭くされていることを特徴とする、請求項1の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】上記第1および第2の磁気ヨーク層は上記検出縁において上記磁極端構造より幅が広くされていることを特徴とする、請求項2の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】上記ギャップ形成層はギャップ長Gの変換ギャップを画定し、上記第1および第2の磁極端層の厚みは2Gより厚くされていることを特徴とする、請求項2の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】上記ゼロ・スロート位置は上記検出縁から延びる上記磁極端構造の縁部によって画定されることを特徴とする、請求項1の薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】後部ギャップ領域から検出縁まで延びる第1の磁気ヨーク層を付着させる工程と、
それぞれ幅が実質的に等しい第1の磁極端層とギャップ形成層と第2の磁極端層とから成る磁極端構造を順次付着するにあたって、上記第1の磁極端層が上記検出縁で上記第1の磁気ヨーク層に接触するような位置に付着させる工程と、
上記後部ギャップ領域で上記第1の磁気ヨーク層に接し、上記検出縁で上記第2の磁極端層と接触する第2の磁気ヨーク層を付着させる工程とを含む、
薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項7】さらに、上記第1の磁気ヨーク層の上にパターン形成可能な層を付着させ、上記パターン形成可能な層をパターン形成して、上記検出縁の近くで上記第1の磁気ヨーク層の一部と位置合せされた開口を形成する工程を含む、請求項6の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項8】さらに、上記開口によって上記磁極端構造

を画定する工程を含む、請求項7の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項9】上記磁極端構造の、上記後部ギャップ領域に最も近接した縁部が、ゼロ・スロート位置を画定することを特徴とする、請求項7の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項10】上記第1および第2の磁気ヨーク層が、上記ゼロ・スロート位置から上記後部ギャップ領域に向かって延びる領域で隔置され、上記の隔置された領域内に、上記第1の磁気ヨーク層および上記第2の磁気ヨーク層から電氣的に絶縁されたコイル構造を形成することを特徴とする、請求項9の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項11】上記パターン形成可能な層がフォトレジスト材料であり、

当該フォトレジスト材料をハード・ベークンして上記ヘッド内に上記コイル構造用の上記電氣的絶縁層の一部として残すことを特徴とする、請求項9の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、薄膜磁気ヘッドに関するものであり、さらに詳細には、薄膜磁気ヘッド用の改良された磁極端構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の技術によれば、薄膜磁気ヘッドと称する磁気変換器は、永年の間、磁気記録技術の必要条件を満たしてきた。磁気記録技術では、情報を記録し、高い信頼度で読み取ることのできる、面積密度を改善することが常に要求されている。このため、薄膜磁気ヘッドの設計は、変化する密度要件を満たすように変化してきた。

【0003】たとえば、従来の技術の設計を図2に示すが、この設計では、磁極片同士の位置のずれに伴う問題を防止するため、基板の上に付着させた第1の磁極片P1の幅が、第2の磁極片P2の幅よりも大きくなっていった。サイド読取りおよびサイド書込みの仕様が厳しくなるにつれて、図3に示すトリミングされた磁極端が使用されるようになった。この場合、磁極端の幅は、磁極端の付着精度に限定されなかった。というのは、磁極端は、たとえばイオン・ミリングにより、磁極端P1とP2の幅が実質的に同じとなる特定の幅にトリミングされていたためである。しかし、従来のイオン・ミリング工程では一般に厚いフォトレジストによる処理が必要なため、この方法は、レジストの高さと幅のアスペクト比が非常に高い、狭いトラック幅の用途では使用が限られている。

【0004】複合磁気構造の使用により、薄膜磁気ヘッドの性能を改善しようとする試みがなされている。たとえば、IBMテクニカル・ディスクロージャ・ブルテン、Vol. 15, No. 7, 1972年12月、p.

2182に、上部フェライト・ブロック2、下部フェライト・ブロック8、パーマロイの後部ギャップ・クロージャ5、ならびにフェライト・ブロックに接触しエア・ベアリングの表面に延びるパーマロイの磁極片4と10から磁気回路が形成された、磁気ヘッドが記載されている。

【0005】米国特許第4589042号には、上部および下部磁極片を2段階で付着させる、薄膜誘導ヘッドが開示されている。1つの段階でヨークを形成した後、次の段階で磁極端を形成し、したがって、ヨークと磁極端が異なる磁性材料で形成できる。

【0006】米国特許第4839197号には、下部磁極をワンピースで形成し、上部磁極はマルチピースで形成した、薄膜誘導ヘッドが開示されている。第1の部分は磁極端領域で、その後 coils を形成し、上部磁極の残りの部分は磁極端領域および後部ギャップ領域に接して形成する。

【0007】これらの参考文献はいずれも、磁極端とギャップ層が別々に形成され、エア・ベアリング表面で磁気ヨーク層と接触し、その結果、厚い磁極端が精密に形成される、薄膜磁気ヘッドについては開示していない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の主目的は、磁極端が精密に位置合せされ、磁極端の幅および厚みが厳密に制御できるように、磁極端を磁気回路の残りの部分とは別の工程で形成した、薄膜磁気ヘッドを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、薄膜磁気ヘッドは、後部ギャップ領域から検出縁に延びる第1の磁気ヨーク層と、後部ギャップ領域で第1磁気ヨーク層に接触し、第1磁気ヨーク層と整列するが第1磁気ヨーク層から離れた位置で検出縁に延びる第2の磁気ヨーク層とを備える。第1の磁極端層とギャップ形成層と第2の磁極端層を備える磁極端構造が、検出縁で第1磁気ヨーク層と第2磁気ヨーク層の間に位置し、検出縁で第1磁極端層は第1磁気ヨーク層に接し、第2磁極端層は第2磁気ヨーク層に接している。

【0010】この構造は、磁極端の寸法と、磁極端の寸法を保持する許容誤差が、いずれも非常に精密になる利点を有する。さらに、他の重要な寸法も更に精密に画定することができる。その結果、狭いトラックの応用例で、薄膜磁気ヘッドのサイド読取り特性およびサイド書込み特性が大幅に改善される。

【0011】

【実施例】図1を参照すると、磁気ディスク記憶システムは、磁気ヘッド・アーム17を備え、少なくとも1個の磁気ヘッド・サスペンション・アセンブリ13がヘッド・アーム17に取りつけられている。この実施例では、1個の磁気ヘッド・サスペンション・アセンブリ1

3がヘッド・アームの上部に取りつけられ、別の磁気ヘッド・サスペンション・アセンブリ13がヘッド・アーム17の下部に取りつけられている。各サスペンション・アセンブリはその端部で磁気ヘッド・スライダ11を支持し、各磁気ヘッド・スライダ11は、1個または複数の一般に磁気ヘッドと呼ばれる磁気変換手段を有し、該磁気変換手段は、変換ギャップが磁気ディスク21の表面（図では1枚だけ示す）に対して変換が行える位置関係に置かれている。電気信号が、磁気ヘッドからホスト・システムに伝えられ、ホスト・システムで使用される。ヘッド・アーム17は、磁気ヘッドが磁気ディスク21上の各トラックにアクセスできるように、たとえば、ボイス・コイル・モータ等の従来のアクチュエータ23に取りつけられている。

【0012】本発明によれば、磁極端が精密に位置合せされ、磁極端の幅および厚みが厳密に制御できるように、磁極端を磁気回路の残りの部分とは異なる工程で形成した、薄膜磁気ヘッドが提供される。その結果、狭いトラックの応用例で、薄膜磁気ヘッドのサイド読取り特性およびサイド書込み特性が大幅に改善される。

【0013】図4および図5は、本発明による磁極端の好ましい実施例を示す。図4は、磁極端の検出縁を示し、図5は、ヘッドを所期のスロット高さにラッピングする前の磁極端の斜視図を示す。この特定の実施例では、検出縁はエア・ベアリングの表面（ABS）であるが、本発明が接触記録方式のヘッドにも適用できることは明らかである。薄膜磁気ヘッド10は、非磁性の基板14上に付着させた第1の磁気ヨーク層12を備える

（図7参照）。磁極端アセンブリ15は、第1の磁極端層16とギャップ形成層18と第2の磁極端層20を含み、第1の磁気ヨーク層12に接触して形成される。ギャップ形成層18は、たとえばNiP、Au、Cu等の適当な金属で形成する。第1の磁極端層16、ギャップ形成層18、および第2の磁極端層20は、詳細に後述するように同じマスクを使用して、同じ一連の工程で形成する。薄膜磁気ヘッド10の磁気回路は、磁極端アセンブリ15に接触する第2の磁気ヨーク層22で完成する。

【0014】理論的計算によれば、サイド読取りおよびサイド書込みの大部分は、変換ギャップ19からギャップ長Gの数倍以内の所にある磁極端領域で発生する。図4を参照するに、有効トラック幅Wは、変換ギャップにおいて磁極端層16と20が重なる領域によって画定される。サイド読取りおよびサイド書込みの量を許容可能なレベルに制限するためには、第1の磁気ヨーク層12の上面からギャップ形成層18までの距離S1が2Gより大きく、第2の磁気ヨーク層22の下面からギャップ形成層18までの距離S2も2Gより大きくなければならない。この磁極端を形成する方法により、互いに精密に位置合せされ、ギャップ領域での幅Wが精密に等しい

磁極端が得られる。

【0015】完成した薄膜磁気ヘッド10を、図6および図7に示す。ギャップ形成層18（図7）は、磁気媒体に対して変換を行えるように、好ましくは周知のようにエア・ベアリングが形成されるように相互作用する変換ギャップ19を画定する。このために、非磁性の基板14は、ディスク・ファイルの動作中に回転する磁気ディスク等の記録媒体に近接して飛翔する、ABS24等の検出縁を有するスライダとして形成する。

【0016】第1の磁気ヨーク層12および第2の磁気ヨーク層22は、共にABS24から後部ギャップ・クロージャ26に延びる。2つの磁気ヨーク層12と22は、ABS24で磁極端アセンブリ15によって分離され、後部ギャップ領域26で互いに接触する。ABS24と後部ギャップ・クロージャ26との間の空間で、2つの磁気ヨーク層12と22は隔置され、コイル構造28用の空間を形成している。コイル構造28と2つの磁気ヨーク層12および22は、非磁性の電気絶縁材料の層30、32、34によって分離されている。図6を参照するに、コイル構造28は、中央部の第1の電気接点36と外部の電気接点38を有するらせん状の複数の巻線29を有する。接点36、38は、WRITEおよびREADデータ信号を処理するために、外部配線およびヘッド回路（図示せず）に接続されている。

【0017】本発明による薄膜磁気ヘッドの代替実施例10'を図8に示す。この実施例では、第1の磁気ヨーク層12は第1の磁極端層16より幅が広く、第2の磁気ヨーク層22'も第2の磁極端層20より幅が広い。この実施例では、 Al_2O_3 や SiO_2 等の絶縁材料を使って、磁極端アセンブリを画定するマスキング層を形成する場合に使用される。この実施例では、よりすぐれた書き込みヘッドが形成され、また、第2のヨーク層22'は磁極端領域で関連する第2の磁極端層20より幅を狭くする必要がないために形成しやすく、したがって層22の磁極端領域での寸法がそれほど重要でなくなる。

【0018】本発明によれば、磁極端アセンブリ15は、コンフォーマブル（conformable）な磁極端が得られるように形成することができる。ここでコンフォーマブルな磁極端とは、その寸法および形状が実質的に同一に形成されているものをいう。この設計は、磁極端の寸法と、磁極端の寸法が保持される許容誤差との両方の精度が高いという利点がある。他の利点は、他の重要な寸法が画定できる精度が高い点にある。スロートの高さは、薄膜磁気ヘッドにおいて最適な性能を得るために厳密に制御しなければならない重要な寸法の1つであり、ABS24からいわゆるゼロ・スロート位置までの寸法である。図7に示すように、ゼロ・スロート位置とは、2つの磁気ヨーク層12、22がコイル構造28を包囲するために広がり始める点である。従来の技術による薄膜磁気ヘッドでは、ゼロ・スロート位置は、一般に20

〜60度の範囲内のある角度で形成された絶縁層によって画定される。これとは対照的に、本発明では、絶縁層30が磁極端アセンブリ15の縁部を画定するため、ゼロ・スロート位置40は90度の表面によって画定される。したがって、スロートの高さは、従来の技術の設計での傾斜した縁部に比べてはっきりした縁部が測定基準となるので、ずっと高い精度で決定できる。

【0019】次に、本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。コンフォーマブルな薄膜磁気ヘッド構造は、図4および図5に示すように、第1の磁気ヨーク層12と磁極端アセンブリ15と第2の磁気ヨーク層22を備える。第1の磁気ヨーク層12を、従来のメッキ法により所期のヨーク形状にパターン形成する。次に、同一のレジスト・フレームを使用して電気メッキにより磁極端アセンブリ15を形成し、それによってそれぞれギャップ長の数倍の厚みの磁極端層16、20用の自己整合構造を形成する。この磁極端アセンブリを第1の磁気ヨーク層12に「縫いつけ（stitch）」した後、コイル構造28および絶縁層を形成する。「縫いつけ」接合は、2層の間に磁気的連続性が確立されるように、既存の層に密着接触させて層を付着させることによって形成するものである。最後に第2の磁気ヨーク層22を第2の磁極端層20に縫いつけると、薄膜磁気ヘッド構造が完成する。

【0020】本発明による工程順序の特定の実施例を、図9ないし図14を参照して説明する。この工程順序は、図3に示す薄膜磁気ヘッドを製造するのに適している。第1の磁気ヨーク層12を、図7に示す基板14上にメッキにより完全な皮膜として付着させた後、たとえば化学エッチングにより所期の形状にパターン形成する。NiFeのメッキ・ベースを付着させ、たとえばフォトレジスト等のパターン形成可能な材料の層を付着させ、パターン形成して、図9に示すような長方形の開口44を形成する。ここでは、このパターン形成可能な材料の層そのものは開口44の外形（直方体状）を示すにとどまる。次に、図10に示すように、NiFe等の適当な磁性材料で第1の磁極端層16を電気メッキし、NiP、Au、Cu等の適当な材料で金属の非磁性ギャップ層18を電気メッキし、NiFe等の適当な磁性材料で第2の磁極端層20を電気メッキして、磁極端アセンブリ15をパターン形成可能な層の開口44内に形成する。この間、マスクの除去ないし変更は行なわず、単一のフォトレジスト層が連続して用いられる。次に、図11に示すように、パターン形成可能な層の前部を露光し現像することにより除去して、層42を形成する。この際、パターン形成可能な層42の後部が残る。磁極端アセンブリ15の後縁46で、層42を磁極端16、20と自己整合させる。ここで、後縁46は、開口44の後壁でもある。ここで層42の他の部分は必ずしも自己整合する必要はなく、また図11のように直線上とは限

らない。次に、層42をハード・ベキングして（図12）、第1の絶縁層30を形成する。すなわち、層42が絶縁層30に変わる。この場合は、絶縁層30を、ゼロ・スロット位置（図7の点線40で示す）を形成し、固定する磁極端アセンブリ15の後縁46に自己整合させる。次に、コイル構造28（図7参照）を従来の方法で形成し、絶縁層32および34を形成する。次に、第2の磁気ヨーク層22をメッキによって形成し、図13に示すように、この層22を第2の磁極端層20に縫いつける。次に、薄膜磁気ヘッド構造をラッピングして、ABS24を形成する。得られた構造は図14に示すとおりである。ここで、図13、図14で磁極端の両側に伸びる平行な線は磁気ヨーク層12の部分であり、層42や絶縁層30ではない。

【0021】本発明による製造順序の代替実施例を図15ないし図18を参照して説明する。この製造順序は、図8に示す薄膜磁気ヘッドの製造に適している。第1の磁気ヨーク層12を、メッキにより完全な皮膜として付着させた後、たとえば化学エッチングにより所期の形状にパターン形成する。NiFeのメッキ・ベースを付着させ、たとえば Al_2O_3 、 SiO_2 等のパターン形成可能な絶縁材料の層を付着させ、パターン形成して図15に示すような長方形の開口44を形成する。次に、図16に示すように、NiFe等の適当な磁性材料で第1の磁極端層16を電気メッキし、NiP、Au、Cu等の適当な材料で金属の非磁性ギャップ層18を電気メッキし、NiFe等の適当な磁性材料で第2の磁極端層20を電気メッキして、磁極端アセンブリ15を開口44内に形成する。磁極端アセンブリ15の後縁46で、層42を磁極端16、20と自己整合させる。層42はヘッド中に残り、第1の絶縁層30を形成する。この場合は、絶縁層30を、ゼロ・スロット位置を形成する磁極端アセンブリ15の後縁46に自己整合させる。次に、コイル構造28（図7参照）を従来の方法で形成し、絶縁層32および34を形成する。次に、第2の磁気ヨーク層22をメッキによって形成し、図17に示すように、この層22を第2の磁極端層20に縫いつける。次に、薄膜磁気ヘッド構造をラッピングして、ABS24を形成する。得られた構造は図18に示すとおりである。

【0022】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、磁

極端が正確に位置合せされ、磁極端の幅および厚みが厳密に制御された、薄膜磁気ヘッドが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】磁気ディスク記憶システムの概略斜視図である。

【図2】従来の技術による薄膜磁気ヘッドの第1の実施例の、磁極端のエア・ベアリング表面を示す図である。

【図3】従来の技術による薄膜磁気ヘッドの第2の実施例の、磁極端のエア・ベアリング表面を示す図である。

【図4】本発明による薄膜磁気ヘッドの、磁極端のエア・ベアリング表面を示す図である。

【図5】本発明による薄膜磁気ヘッドの、磁極端の斜視図である。

【図6】本発明による薄膜磁気ヘッドの平面図である。

【図7】図6の線6-6に沿った断面図である。

【図8】本発明による薄膜磁気ヘッドの代替実施例の、磁極端のエア・ベアリング表面を示す図である。

【図9】本発明による薄膜磁気ヘッドの磁極端を製造する一連の工程の一つを示す斜視図である。

【図10】本発明による薄膜磁気ヘッドの磁極端を製造する一連の工程の一つを示す斜視図である。

【図11】本発明による薄膜磁気ヘッドの磁極端を製造する一連の工程の一つを示す斜視図である。

【図12】本発明による薄膜磁気ヘッドの磁極端を製造する一連の工程の一つを示す斜視図である。

【図13】本発明による薄膜磁気ヘッドの磁極端を製造する一連の工程の一つを示す斜視図である。

【図14】本発明による薄膜磁気ヘッドの磁極端を製造する一連の工程の一つを示す斜視図である。

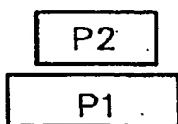
【図15】本発明による薄膜磁気ヘッドの磁極端を製造する工程順序の代替実施例の一連の工程の一つを示す斜視図である。

【図16】本発明による薄膜磁気ヘッドの磁極端を製造する工程順序の代替実施例の一連の工程の一つを示す斜視図である。

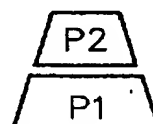
【図17】本発明による薄膜磁気ヘッドの磁極端を製造する工程順序の代替実施例の一連の工程の一つを示す斜視図である。

【図18】本発明による薄膜磁気ヘッドの磁極端を製造する工程順序の代替実施例の一連の工程の一つを示す斜視図である。

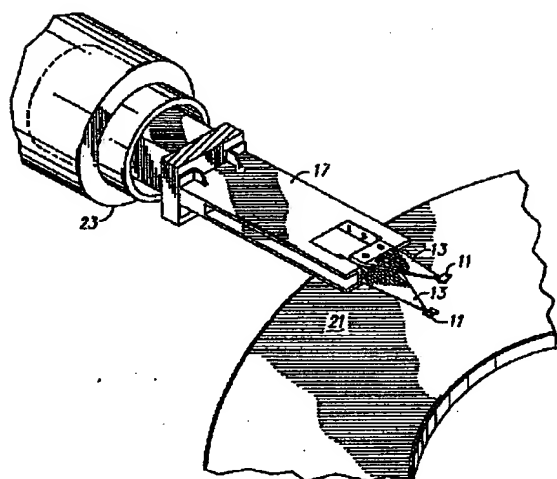
【図2】



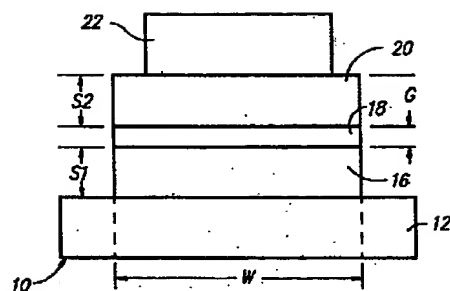
【図3】



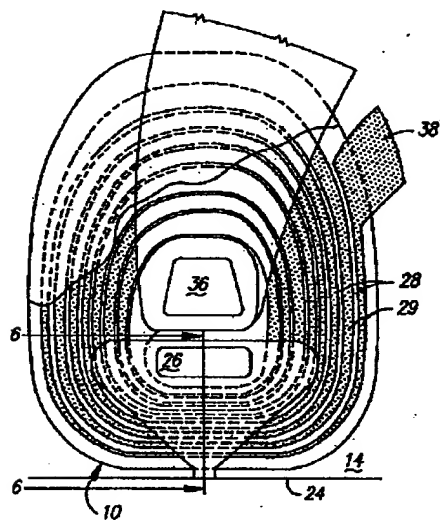
【図1】



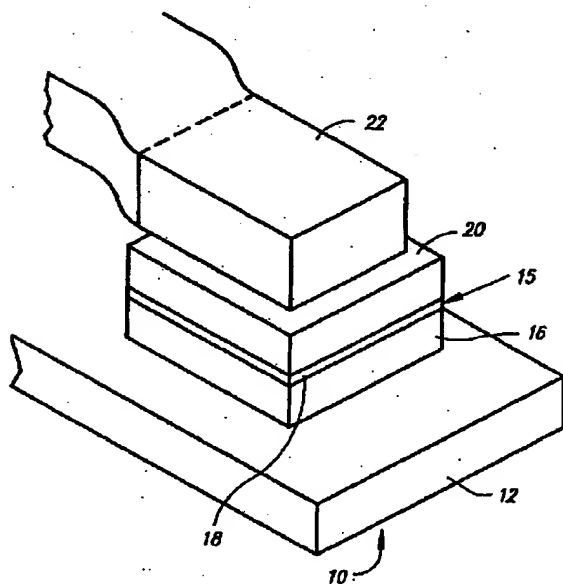
【図4】



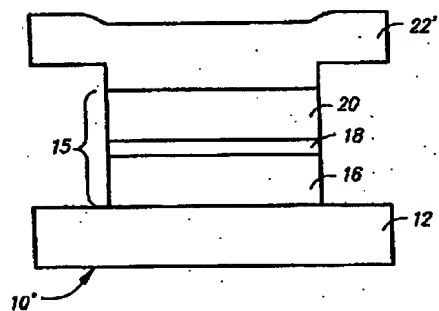
【図6】



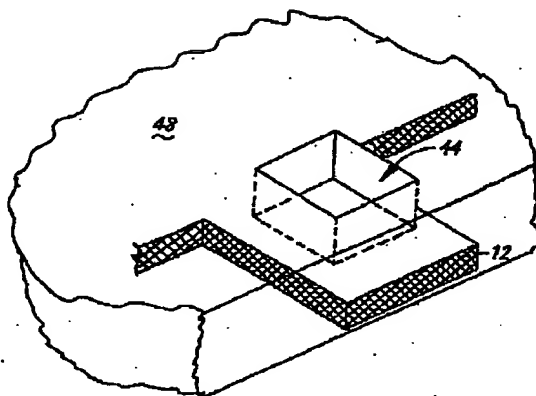
【図5】



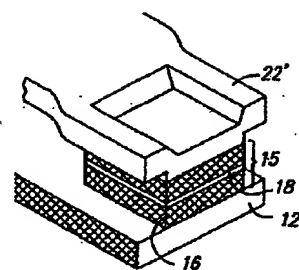
【図8】



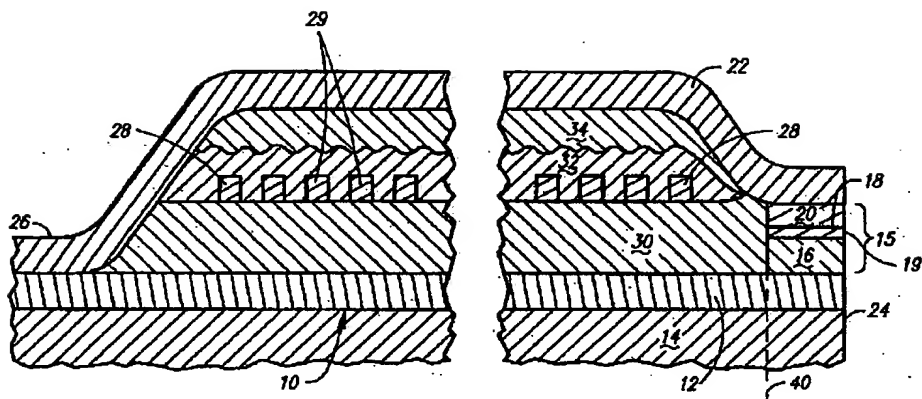
【図9】



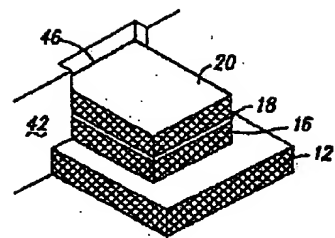
【図18】



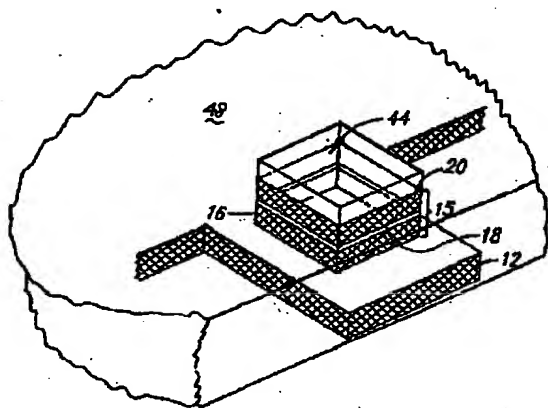
【図7】



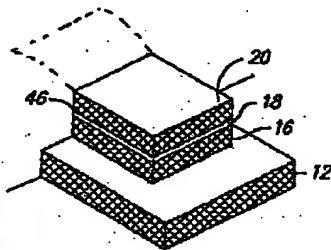
【図11】



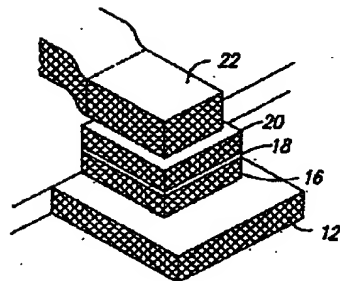
【図10】



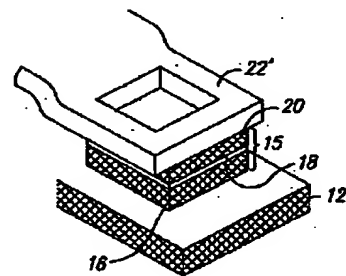
【図12】



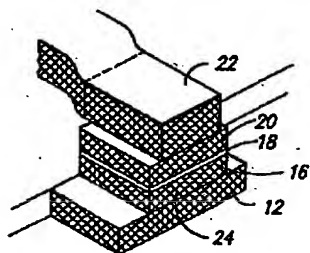
【図13】



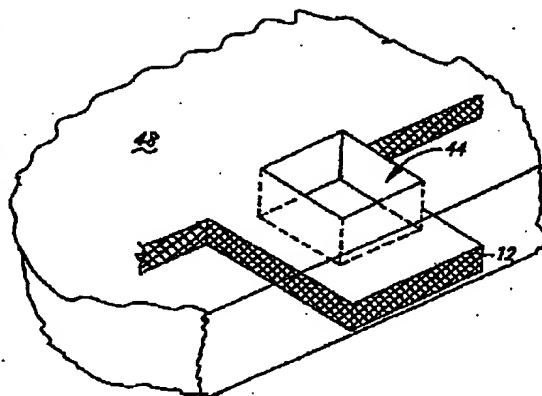
【図17】



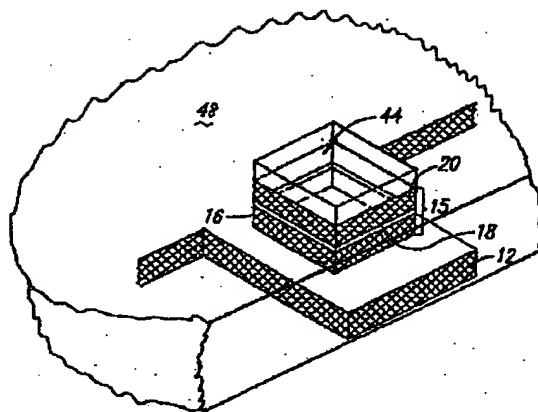
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72) 発明者 モハマド・ティー・クロウンビー
アメリカ合衆国95120、カリフォルニア州
サンノゼ、パソ・ロス・セリトス 6238

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-028626

(43)Date of publication of application : 04.02.1994

(51)Int.Cl.

G11B 5/31

(21)Application number : 05-031771

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM>

(22)Date of filing : 22.02.1993

(72)Inventor : JU KOCHAN
KROUNBI MOHAMAD T

(30)Priority

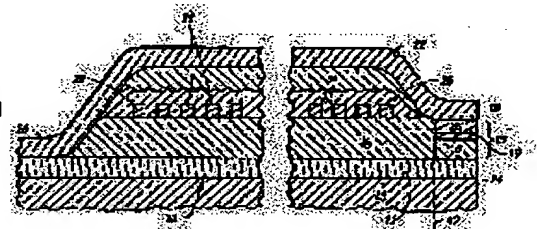
Priority number : 92 843676 Priority date : 28.02.1992 Priority country : US

(54) THIN FILM MAGNETIC HEAD AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the characteristics of the side read-out and the side write-in of a thin film magnetic head by forming a magnetic pole end through a process different from one for the remaining part of a magnetic circuit and making the positioning, width and thickness of the pole end strictly controllable.

CONSTITUTION: A magnetic yoke layer 12 is pattern-formed in a yoke shape by a plating method. Then, using the same resist frame, a pole end assembly 15 is formed by electroplating, with a self-alignment structure each formed for a pole end layer 16, 20 having a thickness several times as much as a gap length. After this pole end assembly 15 is joined to the layer 12, a coil structure 28 and an insulating layer are formed. Lastly, a magnetic yoke layer 22 is joined to the layer 20 to complete a thin film magnetic head structure. Consequently, the magnetic ends are accurately aligned, enabling the width and thickness of the pole ends to be strictly controlled.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.05.1993
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] withdrawal
 [Date of final disposal for application] 05.07.1996
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st magnetic York layer prolonged from a posterior part gap field to a detection edge is touched in the above-mentioned posterior part gap field at the magnetic York layer of the above 1st. The 2nd magnetic York layer prolonged to the above-mentioned detection edge in the location which is distant from the above-mentioned 1st MAG York layer although it aligned with the magnetic York layer of the above 1st, It has the pole tip structure where each width of face consists of the 1st equal pole tip layer, the gap formative layer, and the 2nd pole tip layer substantially. The above-mentioned pole tip structure It is located between the magnetic York layer of the above 1st, and the 2nd magnetic York layer. Have extended from the above-mentioned detection edge to the zero throat location, and the above-mentioned 1st pole tip layer is in contact with the above-mentioned 1st MAG York layer from the above-mentioned detection edge to the above-mentioned zero throat location. The above-mentioned 2nd pole tip layer is the thin film magnetic head which is characterized by being in contact with the above-mentioned 2nd MAG York layer from the above-mentioned detection edge to the above-mentioned zero throat location and which has a magnetic circuit.

[Claim 2] It is the thin film magnetic head of claim 1 to which the magnetic York layer of the above 2nd is characterized by width of face being narrowed by the above-mentioned pole tip structure in the above-mentioned detection edge by width of face being made large by the above-mentioned pole tip structure in the above-mentioned detection edge, as for the magnetic York layer of the above 1st.

[Claim 3] The above 1st and the 2nd magnetic York layer are the thin film magnetic head of claim 2 characterized by making width of face larger than the above-mentioned pole tip structure in the above-mentioned detection edge.

[Claim 4] The above-mentioned gap formative layer is the thin film magnetic head of claim 2 which demarcates the conversion gap of gap length G and is characterized by making thickness of the above 1st and the 2nd pole tip layer thicker than 2G.

[Claim 5] The above-mentioned zero throat location is the thin film magnetic head of claim 1 characterized by being demarcated by the edge of the above-mentioned pole tip structure prolonged from the above-mentioned detection edge.

[Claim 6] The process to which the 1st magnetic York layer prolonged from a posterior part gap field to a detection edge is made to adhere, In carrying out sequential adhesion of the pole tip structure where width of face consists of the 1st equal pole tip layer, the gap formative layer, and the 2nd pole tip layer substantially, respectively The process made to adhere to a location where the pole tip layer of the above 1st contacts the magnetic York layer of the above 1st on the above-mentioned detection edge, The manufacture approach of the thin film magnetic head including the process to which the 2nd magnetic York layer which touches the magnetic York layer of the above 1st in the above-mentioned posterior part gap field, and contacts the pole tip layer of the above 2nd on the above-mentioned detection edge is made to adhere.

[Claim 7] Furthermore, the manufacture approach of the thin film magnetic head of claim 6 which the layer in which pattern formation is possible is made to adhere on the magnetic York layer of the above 1st, carries out pattern formation of the layer in which the above-mentioned pattern formation is possible, and includes the process which forms aligned opening with a part of magnetic York layer of the above 1st near the above-mentioned detection edge.

[Claim 8] Furthermore, the manufacture approach of the thin film magnetic head including the process which demarcates the above-mentioned pole tip structure by the above-mentioned opening of claim 7.

[Claim 9] The manufacture approach of the thin film magnetic head of claim 7 that the edge which approached most the above-mentioned posterior part gap field of the above-mentioned pole tip structure is characterized by demarcating a zero throat location.

[Claim 10] The manufacture approach of the thin film magnetic head of claim 9 characterized by to form the coil structure electrically insulated from the magnetic York layer of the above 1st, and the magnetic York layer of the above 2nd in the field by which the above 1st and the 2nd magnetic York layer were ****(ed) in the field which extends toward the above-mentioned posterior part gap field from the above-mentioned zero throat location, and the above was ****(ed).

[Claim 11] The manufacture approach of the thin film magnetic head of claim 9 which the layer in which the above-mentioned pattern formation is possible is a photoresist ingredient, and is characterized by carrying out hard baking of the photoresist ingredient concerned, and leaving in the above-mentioned head as a part of above-mentioned electric insulating layer of the above-mentioned coil structural steel worker.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the pole tip structure where it was improved for the thin film magnetic heads by the detail, further about the thin film magnetic head.

[0002]

[Description of the Prior Art] According to the Prior art, the transducer called the thin film magnetic head has satisfied the requirement of a magnetic-recording technique during many years. With the magnetic-recording technique, it is always required that the area consistency which can record information and can be read with high reliability should be improved. For this reason, the design of the thin film magnetic head has changed so that the changing requirements for a consistency may be satisfied.

[0003] For example, by this design, although the design of a Prior art was shown in drawing 2, in order to prevent the problem accompanying a gap of the location of pole pieces, the width of face of the 1st pole piece P1 made to adhere on a substrate was larger than the width of face of the 2nd pole piece P2. The pole tip which is shown in drawing 3 and by which trimming was carried out came to be used as the specification of side read and side writing became severe. In this case, the width of face of the pole tip was not limited to the adhesion precision of the pole tip. Because, the pole tip is because trimming was carried out to the specific width of face from which the width of face of the pole tips P1 and P2 becomes the same substantially by for example, ion milling. However, since processing by the thick photoresist is generally required of the conventional ion milling process, as for this approach, use is restricted for the height of a resist, and the application of the narrow width of recording track with the very high aspect ratio of width of face.

[0004] By use of compound magnetic structure, the attempt which is going to improve the engine performance of the thin film magnetic head is made. For example, the magnetic head in which the magnetic circuit was formed from the pole pieces 4 and 10 of the permalloy which contacts the up ferrite block 2, the lower ferrite block 8, the posterior part gap closure 5 of a permalloy, and a ferrite block, and is prolonged on the front face of air bearing in p.2182 is indicated in an IBM technical disclosure bull ten, Vol.15, and No. December, 1972 [7 or].

[0005] The thin film induction head to which the upper part and a lower pole piece are made to adhere in two steps is indicated by U.S. Pat. No. 4589042. After forming York in one phase, it can form with the magnetic material with which the pole tip is formed in the next phase, therefore York differs from the pole tip.

[0006] A lower magnetic pole is formed in U.S. Pat. No. 4839197 in a dress, and the thin film induction head which formed the up magnetic pole with multi-piece is indicated. The 1st part is a pole tip field, a coil is formed after that and the remaining part of an up magnetic pole is formed in contact with a pole tip field and a posterior part gap field.

[0007] No these reference reference is indicated about the thin film magnetic head which the pole tip and a gap layer are formed separately and contacts the magnetic York layer on an air bearing front face consequently by which the thick pole tip is formed in a precision.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The key objective of this invention is to offer the thin film magnetic head which formed the pole tip at the process different from the remaining part of a magnetic circuit so that the pole tip may be aligned by the precision and the width of face and thickness of the pole tip can control strictly.

[0009]

[Means for Solving the Problem] According to this invention, the thin film magnetic head is equipped with the 1st magnetic York layer prolonged on the detection edge from a posterior part gap field, and the 2nd magnetic York layer prolonged on the detection edge in the location which is distant from the 1st MAG York layer although the 1st MAG York layer was contacted in the posterior part gap field and it aligned with the 1st MAG York layer. Pole tip structure equipped with the 1st pole tip layer, the gap formative layer, and the 2nd pole tip layer was located between the 1st MAG York layer and the 2nd MAG York layer on the detection edge, the 1st pole tip layer touched the 1st MAG York layer on the detection edge, and the 2nd pole tip layer is in contact with the 2nd MAG York layer.

[0010] This structure has the advantage from which each allowable error holding the dimension of the pole tip and the dimension of the pole tip becomes a precision very much. Furthermore, other important dimensions can be further demarcated to a precision. Consequently, the side read property and the side write-in property of the thin film magnetic head are sharply improved by the application of a narrow track.

[0011]

[Example] If drawing 1 is referred to, a magnetic-disk storage system is equipped with the magnetic-head arm 17, and at least one magnetic-head suspension assembly 13 is attached in the head arm 17. In this example, one magnetic-head suspension assembly 13 is attached in the upper part of a head arm, and another magnetic-head suspension assembly. 13 is attached in the lower part of a head arm 17. Each suspension assembly supports the magnetic-head slider 11 at the edge, each magnetic-head slider 11 has the magnetic conversion means of one piece or plurality generally called the magnetic head, and this magnetic conversion means is put on the physical relationship from which a conversion gap can change to the front face (only one sheet is shown by a diagram) of a magnetic disk 21. An electrical signal is told to a host system from the magnetic head, and is used with a host system. The head arm 17 is attached in the conventional actuators 23, such as a voice coil motor, so that the magnetic head can access each track on a magnetic disk 21.

[0012] According to this invention, the pole tip is aligned by the precision, and the thin film magnetic head which formed the pole

tip at a different process from the remaining part of a magnetic circuit is offered so that the width of face and thickness of the pole tip can control strictly. Consequently, the side read property and the side write-in property of the thin film magnetic head are sharply improved by the application of a narrow track.

[0013] Drawing 4 and drawing 5 show an example with the desirable pole tip by this invention. Drawing 4 shows the detection edge of the pole tip, and drawing 5 shows the perspective view of the pole tip before wrapping a head at expected throat height. Although a detection edge is the front face (ABS) of air bearing in this specific example, it is clear that this invention can apply also to the head of a contact recording method. The thin film magnetic head 10 is equipped with the 1st magnetic York layer 12 made to adhere on the nonmagnetic substrate 14 (refer to drawing 7). The pole tip assembly 15 is contacted and formed in the 1st magnetic York layer 12 including the 1st pole tip layer 16, the gap formative layer 18, and the 2nd pole tip layer 20. The gap formative layer 18 is formed with suitable metals, such as NiP, Au, and Cu. The same mask is used for the 1st pole tip layer 16, the gap formative layer 18, and the 2nd pole tip layer 20 so that it may mention later in a detail, and they form it at a series of same processes. The magnetic circuit of the thin film magnetic head 10 is completed in the 2nd magnetic York layer 22 in contact with the pole tip assembly 15.

[0014] According to theoretical count, the great portion of side read and side writing are generated in the pole tip field located from the conversion gap 19 in a less than several times as many place as gap length G. With reference to drawing 4, effective width-of-recording-track W is demarcated by the field with which the pole tip layers 16 and 20 lap in a conversion gap. In order to restrict to the level which can permit the amount of side read and side writing, the distance S1 from the top face of the 1st magnetic York layer 12 to the gap formative layer 18 must be larger than 2G, and the distance S2 from the inferior surface of tongue of the 2nd magnetic York layer 22 to the gap formative layer 18 must also have it. [larger than 2G] By the approach of forming this pole tip, a precision aligns mutually and the precisely equal pole tip is obtained for the width of face W in a gap field.

[0015] The completed thin film magnetic head 10 is shown in drawing 6 and drawing 7. The gap formative layer 18 (drawing 7) demarcates the conversion gap 19 which interacts so that air bearing may be formed as everyone knows preferably so that it can change to a magnetic medium. For this reason, the nonmagnetic substrate 14 is formed as a slider which has the detection edge of the ABS24 grade which approaches record media, such as a magnetic disk which rotates working [a disk file], and flies.

[0016] Both the 1st magnetic York layer 12 and the 2nd magnetic York layer 22 are prolonged in the posterior part gap closure 26 from ABS24. By ABS24, it is separated by the pole tip assembly 15 and two magnetic York layers 12 and 22 contact mutually in the posterior part gap field 26. Two magnetic York layers 12 and 22 are ****(ed), and form the space for coil structure 28 in the space between ABS24 and the posterior part gap closure 26. The coil structure 28 and two magnetic York layers 12 and 22 are separated by the layers 30, 32, and 34 of a nonmagnetic electrical insulation material. With reference to drawing 6, the coil structure 28 has two or more spiral coils 29 which have the 1st electric contact 36 of a center section, and external electric contact 38. Contacts 36 and 38 are connected to external wiring and a head circuit (not shown) in order to process WRITE and a READ data signal.

[0017] Alternative example 10 of the thin film magnetic head by this invention is shown in drawing 8. In this example, the 1st magnetic York layer 12 has width of face wider than the 1st pole tip layer 16, and its width of face is [2nd magnetic York layer 22] wider than the 2nd pole tip layer 20. In this example, when forming the masking layer which demarcates a pole tip assembly using the insulating material of aluminum 203 or SiO2 grade, it is used. By forming the write head which was more excellent in this example, since 2nd York layer 22 does not have to make width of face narrower than the 2nd pole tip layer 20 related in a pole tip field, it is easy to form it, therefore the dimension in the pole tip field of a layer 22 becomes so important less.

[0018] according to this invention — the pole tip assembly 15 — a conformer — a bull (conformable) — it can form so that the pole tip may be obtained, here — a conformer — as for the bull pole tip, the dimension and configuration say what is formed identically substantially. This design has the advantage that precision with both allowable errors by which the dimension of the pole tip and the dimension of the pole tip are held is high. Other advantages are in the point that the precision which can demarcate other important dimensions is high. The height of a throat is one of the important dimensions which must be controlled strictly, in order to obtain optimum performance in the thin film magnetic head, and it is a dimension from ABS24 to the so-called zero throat location. As shown in drawing 7, a zero throat location is a point which begins to spread in order that two magnetic York layers 12 and 22 may surround the coil structure 28. Generally in the thin film magnetic head by the Prior art, a zero throat location is demarcated by the insulating layer formed at an angle of [certain] within the limits of 20 – 60 degrees. In contrast with this, by this invention, in order that an insulating layer 30 may demarcate the edge of the pole tip assembly 15, the zero throat location 40 is demarcated by the front face of 90 degrees. Therefore, since the edge which clarified compared with the sloping edge in the design of a Prior art serves as metrics, the height of a throat can be determined in a much high precision.

[0019] Next, the manufacture approach of the thin film magnetic head by this invention is explained. a conformer — bull thin film magnetic-head structure is equipped with the 1st magnetic York layer 12, the pole tip assembly 15, and the 2nd magnetic York layer 22 as shown in drawing 4 and drawing 5. Pattern formation of the 1st magnetic York layer 12 is carried out to the expected York configuration with the conventional plating. Next, the pole tip assembly 15 is formed by electroplating using the same resist frame, and the pole tip layer 16 several times the thickness of gap length and the self-align structure for 20 are formed by it, respectively. The coil structure 28 and an insulating layer are formed in the 1st magnetic York layer 12 for this pole tip assembly after ** "be sewn and attached (stitch)." The junction "sewn and attached" is formed by making the existing layer carry out adhesion contact, and making a layer adhere to it so that a magnetic continuity may be established between two-layer. If the 2nd magnetic York layer 22 is finally sewn in the 2nd pole tip layer 20, thin film magnetic-head structure will be completed.

[0020] The specific example of the process sequence by this invention is explained with reference to drawing 9 thru/or drawing 14. This process sequence is suitable for manufacturing the thin film magnetic head shown in drawing 3. After making the 1st magnetic York layer 12 adhere as a perfect coat by plating on the substrate 14 shown in drawing 7, pattern formation is carried out to an expected configuration by chemical etching. Make the plating base of NiFe adhere, for example, the layer of the ingredient in which pattern formation, such as a photoresist, is possible is made to adhere, pattern formation is carried out, and the opening 44 of a rectangle as shown in drawing 9 is formed. Here, the layer of the ingredient in which this pattern formation is possible itself remains for showing the appearance (the shape of a rectangular parallelepiped) of opening 44. Next, as shown in drawing 10, electroplating of the 1st pole tip layer 16 is carried out with suitable magnetic materials, such as NiFe, electroplating of the metalated nonmagnetic gap layer 18 is carried out with suitable ingredients, such as NiP, Au, and Cu, electroplating of the 2nd pole tip layer 20 is carried out with suitable magnetic materials, such as NiFe, and the pole tip assembly 15 is formed in the opening 44 of the layer in which pattern formation is possible. In the meantime, removal thru/or modification of a mask is not made but a single photoresist layer is used continuously. Next, as shown in drawing 11, it removes by exposing and developing

the anterior part of the layer in which pattern formation is possible, and a layer 42 is formed. Under the present circumstances, the posterior part of the layer 42 in which pattern formation is possible remains. In the trailing edge 46 of the pole tip assembly 15, self align of the layer 42 is carried out to the pole tips 16 and 20. Here, a trailing edge 46 is also the posterior wall of stomach of opening 44. here — other parts of a layer 42 — also ***** (ing) — it is not necessary to carry out self align and, and is not necessarily on a straight line like drawing 11 . Next, hard baking of the layer 42 is carried out (drawing 12), and the 1st insulating layer 30 is formed. That is, a layer 42 changes to an insulating layer 30. In this case, the trailing edge 46 of the pole tip assembly 15 which forms and demarcates a zero throat location (the dotted line 40 of drawing 7 shows) is made to carry out self align of the insulating layer 30. Next, the coil structure 28 (refer to drawing 7) is formed by the conventional approach, and insulating layers 32 and 34 are formed. Next, as the 2nd magnetic York layer 22 is formed by plating and shown in drawing 13 , this layer 22 is sewn in the 2nd pole tip layer 20. Next, thin film magnetic-head structure is wrapped and ABS24 is formed. The acquired structure is as being shown in drawing 14 . The parallel line which is extended to drawing 13 and extended on both sides of the pole tip by drawing 14 here is the part of the magnetic York layer 12, and is neither a layer 42 nor an insulating layer 30.

[0021] The alternative example of the manufacture sequence by this invention is explained with reference to drawing 15 thru/or drawing 18 . This manufacture sequence is suitable for manufacture of the thin film magnetic head shown in drawing 8 . After making the 1st magnetic York layer 12 adhere as a perfect coat by plating, pattern formation of it is carried out to an expected configuration by chemical etching. Make the plating base of NiFe adhere, for example, the layer of the insulating material in which the pattern formation of aluminum 2O3 and SiO2 grade is possible is made to adhere, and the opening 44 of a rectangle as carried out pattern formation and shown in drawing 15 is formed. Next, as shown in drawing 16 , electroplating of the 1st pole tip layer 16 is carried out with suitable magnetic materials, such as NiFe, electroplating of the metaled nonmagnetic gap layer 18 is carried out with suitable ingredients, such as NiP, Au, and Cu, electroplating of the 2nd pole tip layer 20 is carried out with suitable magnetic materials, such as NiFe, and the pole tip assembly 15 is formed in opening 44. In the trailing edge 46 of the pole tip assembly 15, self align of the layer 42 is carried out to the pole tips 16 and 20. A layer 42 remains into a head and forms 1st insulating-layer 30[^]. In this case, the trailing edge 46 of the pole tip assembly 15 which forms a zero throat location is made to carry out self align of insulating-layer 30[^]. Next, the coil structure 28 (refer to drawing 7) is formed by the conventional approach, and insulating layers 32 and 34 are formed. Next, 2nd magnetic York layer 22[^] is formed by plating, and as shown in drawing 17 , this layer 22[^] is sewn in the 2nd pole tip layer 20. Next, thin film magnetic-head structure is wrapped and ABS24 is formed. The acquired structure is as being shown in drawing 18 .

[0022]

[Effect of the Invention] As stated above, according to this invention, the pole tip is aligned correctly and the thin film magnetic head by which the width of face and thickness of the pole tip were controlled strictly is obtained.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the outline perspective view of a magnetic-disk storage system.

[Drawing 2] It is drawing showing the air bearing front face of the pole tip of the 1st example of the thin film magnetic head by the Prior art.

[Drawing 3] It is drawing showing the air bearing front face of the pole tip of the 2nd example of the thin film magnetic head by the Prior art.

[Drawing 4] It is drawing showing the air bearing front face of the pole tip of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 5] It is the perspective view of the pole tip of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 6] It is the top view of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 7] It is the sectional view which met the line 6-6 of drawing 6.

[Drawing 8] It is drawing showing the air bearing front face of the pole tip of the alternative example of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 9] It is the perspective view showing one of the processes of a series of which manufactures the pole tip of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 10] It is the perspective view showing one of the processes of a series of which manufactures the pole tip of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 11] It is the perspective view showing one of the processes of a series of which manufactures the pole tip of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 12] It is the perspective view showing one of the processes of a series of which manufactures the pole tip of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 13] It is the perspective view showing one of the processes of a series of which manufactures the pole tip of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 14] It is the perspective view showing one of the processes of a series of which manufactures the pole tip of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 15] It is the perspective view showing one of the processes of a series of of the alternative example of process sequence which manufactures the pole tip of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 16] It is the perspective view showing one of the processes of a series of of the alternative example of process sequence which manufactures the pole tip of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 17] It is the perspective view showing one of the processes of a series of of the alternative example of process sequence which manufactures the pole tip of the thin film magnetic head by this invention.

[Drawing 18] It is the perspective view showing one of the processes of a series of of the alternative example of process sequence which manufactures the pole tip of the thin film magnetic head by this invention.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

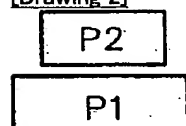
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

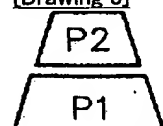
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

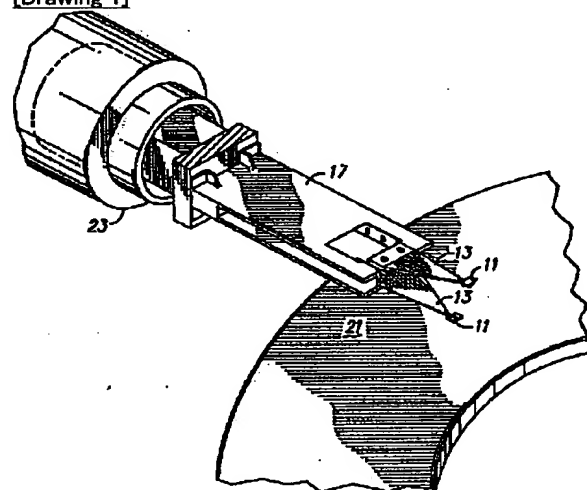
[Drawing 2]



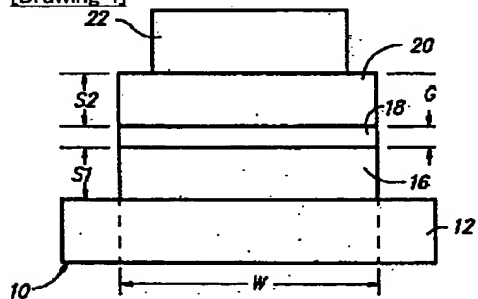
[Drawing 3]



[Drawing 1]

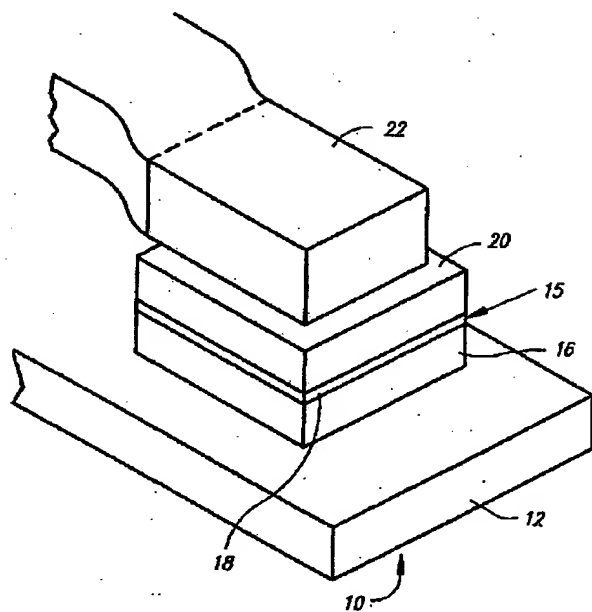


[Drawing 4]

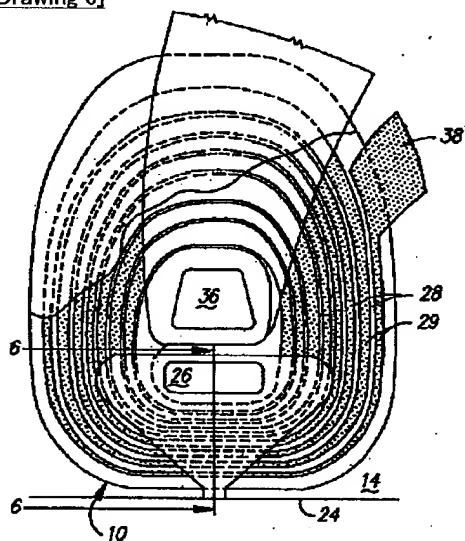


[Drawing 5]

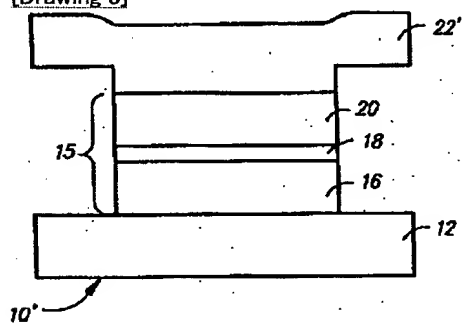




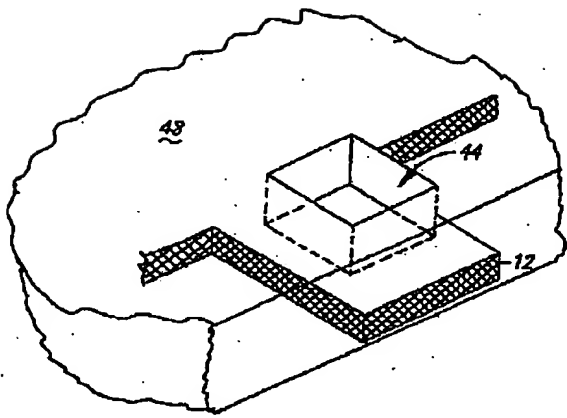
[Drawing 6]



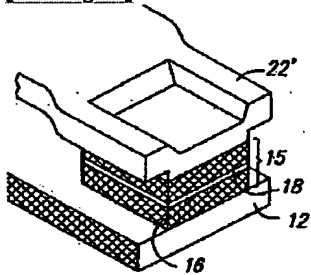
[Drawing 8]



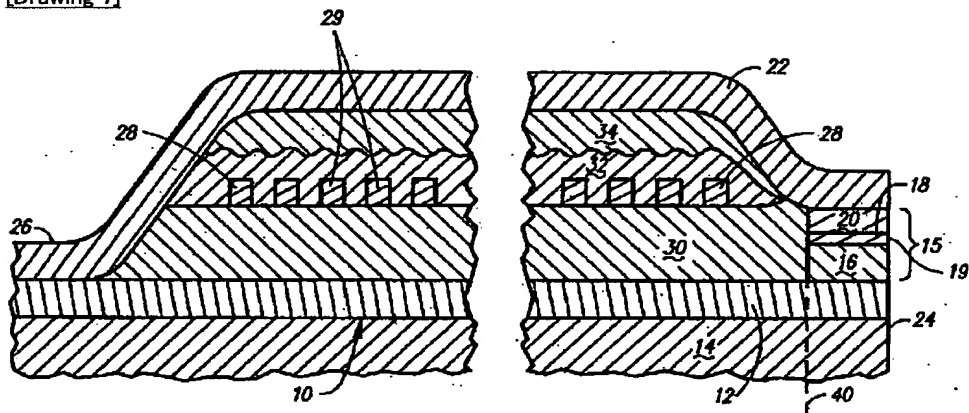
[Drawing 9]



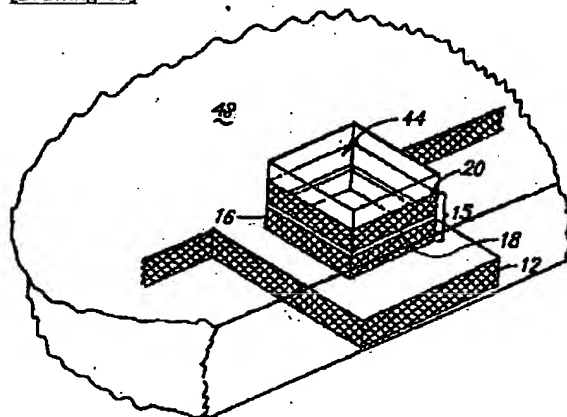
[Drawing 18]



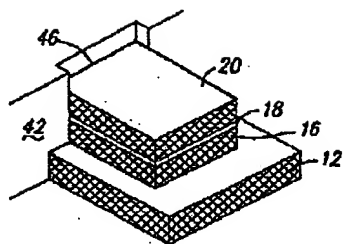
[Drawing 7]



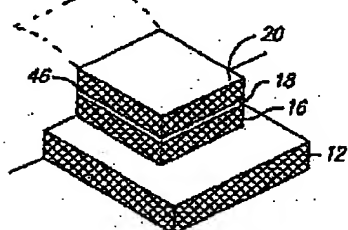
[Drawing 10]



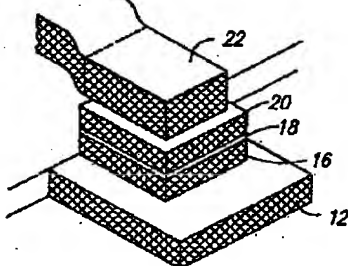
[Drawing 11]



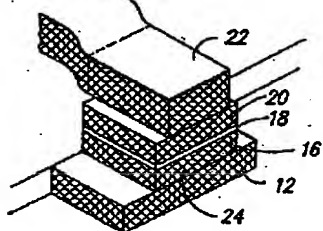
[Drawing 12]



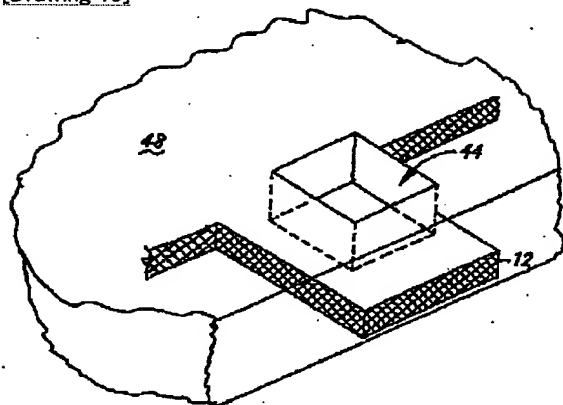
[Drawing 13]



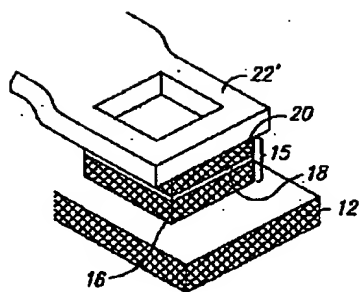
[Drawing 14]



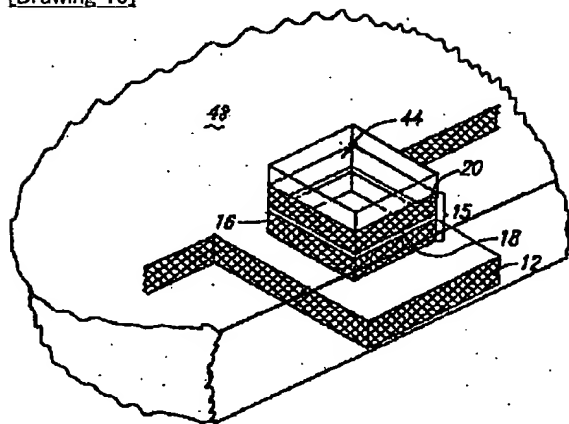
[Drawing 15]



[Drawing 17]



[Drawing 16]



[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)